

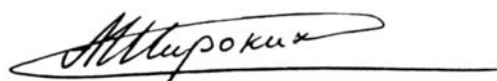
На правах рукописи

Широких Андрей Валерьевич

**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО
ЭКСПЕРИМЕНТА В ЗАДАЧАХ ИЗУЧЕНИЯ ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ
ГАЗОНЕФТЯНЫХ СИСТЕМ**

**05.13.18 - математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук



Тюмень - 2004

Работа выполнена на кафедре программного обеспечения
Тюменского государственного университета

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент
Захаров Александр Анатольевич

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук, профессор
Федоров Константин Михайлович

кандидат технических наук
Савватеев Юрий Николаевич

Ведущая организация: Институт вычислительного моделирования
СО РАН, г. Красноярск

Защита диссертации состоится « **02** » **марта** 2004 г. в **15** часов на заседании диссертационного совета **К 212.274.01** при Тюменском государственном университете по адресу: 625003, г. Тюмень, ул. Перекопская, 15а, аудитория 217.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Тюменского государственного университета.



Автореферат разослан « **30** » **января** 2004 года.

Учёный секретарь
диссертационного совета

Бутакова Н.Н.

Общая характеристика работы

Актуальность работы

Сведения о фазовом состоянии углеводородной системы, компонентном составе ее фаз, газовом факторе, результатах однократного разгазирования и ступенчатой сепарации крайне важны в задачах подсчета запасов для геологического и гидродинамического моделирования залежи, для проектирования разработки месторождений и в других задачах нефтяной промышленности.

Экспериментальное определение необходимой информации о составе и свойствах углеводородных систем и воды связано с проведением трудоемких и продолжительных исследований на специальной аппаратуре высокого давления. Объем проводимых исследований ограничивается также другими дополнительными факторами:

- материальным и временным – в среднем на исследование продукции одной скважины тратится 120–160 человеко-часов, а стоимость проведения исследования не менее 60 тыс. рублей;
- невозможностью отбора проб для исследования ввиду либо отсутствия действующих разведочных или эксплуатационных скважин, либо по другим причинам;
- масштабностью задачи – т.е. необходимостью изучения продукции скважин в масштабах пласта или месторождения при действующем фонде в сотни или даже тысячи скважин.

Поэтому для исследования характеристик продукции скважин в инженерной практике, наряду с натурным экспериментом, используются методы математического моделирования и вычислительного эксперимента.

Практическое внедрение результатов вычислительного эксперимента в задачах добычи и транспортировки углеводородного сырья осложняется, в первую очередь, масштабностью задачи. При внедрении технологии, разработанной для анализа одной скважины, на всё месторождение её необходимо дополнить новыми возможностями интерпретации и анализа результатов и исходных данных в системе в целом. Традиционно для этих целей используются информационные системы.

Оперативное получение необходимых сведений об объекте исследования часто затрудняется отсутствием эффективных методов их получения. В настоящее время в нефтяной промышленности одним из приоритетных направлений является разработка эффективных и экономичных методов определения компонентного состава пластовой нефти.

Ввиду важности как собственно организации вычислительного эксперимента по оценке фазового состояния углеводородных смесей и компонентного состава фаз, так и его практического внедрения **актуальными являются следующие задачи:**

- разработка эффективной технологии создания и практическая реализация информационной системы как инструмента поддержки вычислительного эксперимента в задачах, связанных с исследованием фазового состояния газонефтяных систем;
- исследование, разработка, обоснование и тестирование эффективных алгоритмов и методов проведения численных расчётов по оценке фазового состояния;
- разработка метода и алгоритма определения состава исходной углеводородной системы по известным компонентным составам ее фаз в различных термобарических условиях при неизвестном газовом факторе.

Целью работы является проектирование, разработка и практическая реализация информационной системы как инструмента поддержки вычислительного эксперимента в задачах, связанных с исследованием фазового состояния газонефтяных систем.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие **задачи**:

- разработка метода и алгоритма оценки состава исходной углеводородной системы при неизвестном газовом факторе;
- разработка эффективных алгоритмов и методов проведения численных расчетов для вычислительных экспериментов для задач исследования фазового равновесия в газонефтяных системах;
- развитие технологии, интегрирующей основополагающие принципы вычислительного эксперимента для задач исследования фазового состояния углеводородных смесей и современные подходы к работе с информацией;
- практическая реализация информационной системы как инструмента поддержки вычислительного эксперимента для задач исследования фазового равновесия в газонефтяных системах в аспектах, связанных с применением компьютера.

Методология исследований. При разработке алгоритмов численных расчетов в качестве основы математических моделей для задач оценки фазового состояния углеводородных смесей и компонентного состава их фаз были выбраны математические модели фазового равновесия, описываемые уравнением состояния Пенга-Робинсона, и эмпирические зависимости, полученные В.И. Шиловым, в которых с помощью математической статистики определены зависимости коэффициентов распределения от давления и температуры.

В качестве базовой методологии создания информационных систем для научных исследований был выбран компонентный подход, практикуемый в последнее время при создании сложных программных комплексов и основанный на синтезе современных СОМ технологий, технологий удаленного доступа и баз данных.

При разработке модулей комплексного анализа и визуализации результатов расчетов была обеспечена независимость данных от способа их дальнейшей обработки.

Научная новизна исследования заключается:

- в разработке эффективного алгоритма расчета фазового равновесия многокомпонентной углеводородной системы, позволяющего проводить расчеты с использованием широкого класса уравнений состояния;
- в разработке нового метода и алгоритма оценки состава исходной углеводородной системы по известным компонентным составам ее фаз в различных термобарических условиях при неизвестном газовом факторе;
- с позиции общей методологии проведения вычислительного эксперимента предложены новые подходы для задач, связанных с изучением фазового равновесия углеводородных систем, позволяющие учесть масштабность задачи.

Практическая значимость исследования состоит в том, что:

- разработана информационная система, значительно облегчающая проведение полного цикла вычислительного эксперимента для задач исследования фазового равновесия в газонефтяных системах;
- основные теоретические выводы и технологические положения доведены до уровня конкретных практических рекомендаций и использованы в разработке информационной системы;
- предложенная технология интеграции основных принципов вычислительного эксперимента, аппарата баз данных и современных соm и web технологий

значительно упрощает анализ достоверности результатов натуральных и вычислительных экспериментов по исследованию углеводородных смесей;

- разработанная информационная система представляет собой виртуальную научную лабораторию для проведения различных этапов вычислительного эксперимента в задачах, связанных с исследованием фазового состояния газонефтяных систем.

Теоретическая значимость работы

- разработан алгоритм расчета фазового равновесия многокомпонентной углеводородной системы, позволяющий проводить расчеты с использованием широкого класса уравнений состояния;
- разработан метод и алгоритм для численных расчетов состава исходной системы по известным составам её фаз, полученным в результате её сепарации;
- предложенная технология позволяет разрабатывать программные инструменты для тестирования и определения параметров математических моделей фазового состояния нефтегазовых систем и применима для создания средств поддержки вычислительного эксперимента в других областях знания.

Достоверность и обоснованность результатов подтверждается качеством выбранного математического аппарата моделирования и сравнением расчетных данных на качественном уровне с имеющимися натурными измерениями.

На защиту выносятся:

- технология создания распределенных информационных систем проведения вычислительного эксперимента для задач исследования фазового равновесия в газонефтяных системах;
- алгоритмы численных расчетов для вычислительных экспериментов в задачах определения фазового равновесия газонефтяных систем для нефтяной скважины;
- метод и алгоритм определения состава пластовой углеводородной системы при неизвестном газовом факторе;
- практическая реализация информационной системы, основанной на разработанной технологии.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы были апробированы на следующих конференциях и семинарах:

1. Международной научно-технической конференции. Вологда, 2001.
2. 15 международной научной конференции, Тамбов, 2002.
3. XII научно-практической конференции молодых ученых и специалистов СибНИИ НП, Тюмень, 2002 г.
4. На научных семинарах кафедр программного обеспечения, информационных систем, математического моделирования, моделирования физических процессов и систем, механики многофазных систем Тюменского государственного университета, в институте СибНИИ НП, институте вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Объем диссертации – 105 страниц, включая 22 иллюстрации, 1 таблицу и список литературы из 92 наименований.

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель работы, научная новизна, практическая значимость и основные положения, выносимые на защиту.

Глава 1 является вводной и состоит из 3 разделов.

Первый раздел содержит описание математических моделей для определения состава и свойств газовой и жидкой фаз углеводородных систем.

Изучение состава и свойств газовой и жидкой фаз углеводородных систем имеет важное практическое значение при выборе промышленного оборудования для переработки и транспортировки сырья, подсчете запасов, разработке, эксплуатации, обустройстве нефтяных месторождений. В таких задачах важна информация о составах и свойствах газовой и жидкой фаз углеводородного сырья, образующихся в том или ином процессе.

Для получения достоверной информации о свойствах пластовой нефти одной скважины и характере их изменения в процессе разгазирования трудозатраты оцениваются в 120 – 160 человеко-часов.

В абсолютных показателях это означает, что специализированная группа из десяти – двенадцати квалифицированных специалистов за год может исследовать не более 30 – 40 скважин. При действующем фонде в десятки тысяч скважин и постоянном увеличении количества вовлекаемых в разработку новых залежей Западной Сибири получить исчерпывающую информацию эмпирическими методами практически невозможно.

В связи с этим возникает потребность в использовании математического моделирования.

Можно выделить следующие подходы к моделированию свойств углеводородных систем:

- моделирование с использованием эмпирических корреляций;
- применение объективных закономерностей строения и свойств углеводородов;
- комбинация этих двух вышеперечисленных технологий

В термодинамике, связь между давлением, температурой и объемом системы принято описывать уравнениями состояния.

В общем случае оценка соотношения и компонентных составов газовой и жидкой фаз углеводородной системы производится посредством решения системы уравнений:

$\sum_{i=1}^N \frac{z_i}{1 + (K_i - 1)V} = 1$	(1)
$x_i = \frac{z_i}{1 + (K_i - 1)V}; \quad i = 1..N;$	(2)
$y_i = K_i x_i; \quad i = 1..N;$	(3)
$K_i = F\left(P, T; K_1, \dots, K_N; z_1, \dots, z_N; p_{i,1}, \dots, p_{i,n}; \{a_{ij}\}_{j=1}^N\right); i = 1..N.$	(4)

Здесь, z_i – мольная доля компонента в системе, определенная экспериментально; неизвестные величины y_i и x_i – мольные доли компонента в жидкой и газовой фазах соответственно;

K_i – коэффициент фазового распределения для i -го компонента системы; V – мольная доля газовой фазы системы; $p_{i,1}, \dots, p_{i,n}$ – справочные сведения о компоненте, такие как его температура кипения, критическое давление и температура, молярный вес и т.д.; a_{ij} – коэффициенты бинарного взаимодействия компонент системы, используемые в уравнениях состояния P – давление разгазирования; T – температура разгазирования. Вид функции (4) зависит от выбранного уравнения состояния или эмпирической зависимости.

Таким образом, для оценки фазового состояния углеводородной смеси необходимо решать систему $3N+1$ уравнений (1)–(4) для определения $3N+1$ неизвестных, привлекая при этом (в зависимости от выбранной модели) порядка KN дополнительных справочных

параметров и при необходимости N^2 коэффициентов бинарного взаимодействия. Учитывая тот факт, что на практике значение N – порядка 20–30 – видно, что решение задачи оценки фазового состояния углеводородной смеси даже для отдельной скважины без эффективных алгоритмов и современных программных средств крайне затруднительно.

Помимо решения системы (1)–(4) относительно указанных выше $3N+1$ неизвестных величин (x_i, y_i, K_i, V) на практике часто возникает проблема, связанная с необходимостью определения состава исходной углеводородной системы по нескольким известным результатам ее сепарации при неизвестном газовом факторе. Иными словами, требуется оценить состав пластовой системы по результатам нескольких замеров составов газовой и жидкой фаз, выполненных при разных термобарических условиях.

В терминах приведенной выше постановки это означает следующее.

В результате замеров известны компонентные составы фаз системы

$\{x_1^{(1)} \dots x_n^{(1)}; y_1^{(1)} \dots y_n^{(1)}\} \dots \{x_1^{(k)}; \dots; x_n^{(k)}; y_1^{(k)}; \dots; y_n^{(k)}\}$, отобранные при различных

термобарических условиях.

Требуется определить компонентный состав исходной системы –

$$\{z_1 \dots z_n\}$$

Во втором разделе проводится анализ использованных информационных технологий в задачах моделирования процессов добычи и транспортировки углеводородного сырья.

В настоящее время разработано большое количество прикладного программного обеспечения для задач учета и прогнозирования сложных многофакторных систем объектов нефтедобычи и бурения, которое работает как на верхних, так и на нижних информационных уровнях.

Рынок программных продуктов, нацеленных на решение задач нефтегазового комплекса, несомненно богат. Среди наиболее крупных производителей программного обеспечения можно выделить такие компании, как GeoQuest, Landmark Graphics Corporation, Petroleum Workbench (Scientific Software-Intercomp) и др, а также российские программные комплексы, направленные на решение задач нефтегазового комплекса: ПАНГЕЯ (ВНИИГеофизика и Jet Infosistem), ИНПРЕС и др.

При детальном рассмотрении вышеперечисленных программных средств можно увидеть общие аспекты их построения, а именно:

- для хранения экспериментальных данных и результатов моделирования широко используются базы данных;
- в явной или неявной форме используется компонентная (модульная) технология;

Базы данных широко используются не только в перечисленных пакетах. Их использование позволяет эффективно организовать сбор и хранение информации об объектах исследования, производить ее анализ и облегчает доступ и поиск необходимых данных.

Применение компонентных (модульных) технологий позволяет более полно реализовать принцип независимости данных (и их происхождения) от их использования.

Анализируя сложившиеся тенденции, можно сделать вывод, что для построения эффективных программных средств, стал необходимым комплексный подход, при котором информационная система строится как подбор и увязка различных информационных технологий так, что бы в результате стало возможным эффективное решение всего комплекса задач – от анализа и первичной обработки исходных данных до расчетов и визуализации интегрированных показателей.

В третьем разделе исследуются информационные технологии для задач моделирования компонентного состава.

В начале раздела устанавливается взаимосвязь между технологией вычислительного эксперимента и задачами, решаемыми в диссертации.

Показано, что применительно к задачам оценки фазового состояния углеводородных систем вычислительный эксперимент характеризуется тремя особенностями, которые необходимо учитывать при создании адекватного ему программного обеспечения.

- многовариантность расчетов в рамках фиксированной математической модели;
- многомодельность, определяемая большим набором уравнений состояния.

Практическое внедрение вычислительного эксперимента осложнено масштабностью задачи. Перенос технологии, разработанной для анализа продукции одной скважины, на все месторождение связан с анализом результатов и исходных данных в системе в целом. Следовательно, необходим инструментарий для анализа интегральных показателей по всему месторождению.

В разделе показана необходимость развития

- технологий вычислительного эксперимента;
- классической схемы вычислительного эксперимента за счет использования современных компьютерных технологий, аппарата баз данных.

Оставшаяся часть раздела содержит обзор современных компьютерных технологий, использованных в диссертации. Показано, что для разработки программных комплексов, ориентированных на решение практических задач, наиболее подходящей является идеология разработки информационных систем, основанная на объединении проблемно-ориентированного программного кода (моделей), реляционной атрибутики и результатов расчетов в единой (на логическом уровне) базе данных.

Из приведенного в главе 1 обзора сделаны следующие выводы:

- 1) для решения задач нефтегазового комплекса актуально создание технологии построения информационных систем, связанных с оценкой фазового состояния углеводородных смесей;
- 2) информационная система должна удовлетворять потребности не только конечного пользователя, но и потребности разработчиков моделей, т.е. предоставлять возможность проведения вычислительного эксперимента по различным моделям. В частности, предоставлять возможность добавления и изменения используемых в ней моделей, средств анализа и визуализации результатов вычислительного эксперимента;
- 3) для разработки подобной технологии представляется логичным использовать следующие современные технологии:
 - аппарат баз данных;
 - COM технологии;
 - WWW технологии.

Глава 2 состоит из 4 разделов и посвящена развитию технологии вычислительного эксперимента в задачах определения фазового равновесия газонефтяных систем.

Первый раздел содержит анализ способов вывода из некоторых уравнений состояния основных вспомогательных уравнений, необходимых для построения эффективного численного алгоритма, позволяющего получить решения системы (1)–(4). Знание способов вывода этих уравнений необходимо для разработки и добавления в разработанную информационную систему новых уравнений состояния.

Второй раздел содержит анализ алгоритмов, используемых для оценки фазового состояния и компонентного состава фаз углеводородных систем для продукции отдельной скважины. В разделе установлены общность и различия между отдельными расчетными схемами. С целью получения единой схемы для вычислительного эксперимента с различными уравнениями состояния проводится детальный анализ необходимых уравнений из первой главы. На базе этого анализа строится эффективный алгоритм

численных расчетов для задачи исследования фазового состояния конкретной углеводородной системы.

Основным результатом первого и второго разделов является разработка обобщенного алгоритма локального расчета, позволяющего абстрагироваться от конкретного уравнения состояния.

В третьем разделе излагается суть предлагаемой технологии проведения вычислительного эксперимента для задач оценки фазового состояния углеводородных систем на реальных практических задачах. Эта технология основана на синтезе технологии построения информационных систем, аппарата баз данных, современных СОМ и WEB технологий.

Основным результатом третьего раздела является разработка технологии поддержки проведения вычислительного эксперимента для оценки фазового состояния и компонентных составов углеводородных систем.

Главным выводом третьего раздела является то, что вычислительный эксперимент в этой области исследований можно абстрагировать от данных и моделей. При этом контекстные модели превращаются в специализированные активные данные (программные реализации моделей и алгоритмов)

Четвертый раздел посвящен разработке модели и алгоритма восстановления компонентного состава системы по нескольким известным составам газовой и жидкой фазы, полученным в результате ее сепарации при неизвестном газовом факторе.

На практике нередко встречаются скважины, отбор проб пластовой нефти из которых не возможен ввиду свойств самой нефти. Это относится к высоковязким и высокогазонасыщенным нефтям. С другой стороны, к настоящему времени фонд обводненных скважин составляет более 80% и постепенно возрастает. Исследование продукции таких скважин с использованием глубинных пробоотборников невозможно. Применение оперативных методов исследования также крайне затруднено из-за низких значений буферного давления. Существующая аппаратура для исследования продукции обводненного фонда дорогостоящая, трудоемкая и требует привлечения высококвалифицированных специалистов.

Таким образом, актуально создание новых методов изучения продукции таких скважин.

В настоящей диссертации предложен один из таких методов. Разработанный в данном разделе метод позволяет оценить состав пластовой системы по результатам нескольких замеров составов газовой и жидкой фаз, выполненных при разных термобарических условиях.

Суть метода заключается в следующем.

Пусть известны составы газовой и жидкой фаз нескольких сепараций:

$$\{ \{ x_i \} \{ y_i \} \}_j$$

Состав исходной системы предлагается оценить как

$$z_i = \frac{\sum_{j=1}^n z_i^{(j)}}{n} \quad (5)$$

$$z_i^{(j)} = V^{(j)}(x_i^{(j)} - y_i^{(j)}) + y_i^{(j)} \quad (6)$$

где $V^{(j)}$ – мольная доля газовой фазы j-й сепарации.

Значения $V^{(j)}$ подбираются исходя из критерия наименьшей ошибки:

$$E = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n, j < i} (z_k^{(i)} - z_k^{(j)})^2 \rightarrow \min \quad (7)$$

В работе показано, что при использовании совпадающих компонентных составов фаз система (5) – (7) будет иметь бесконечное число решений. При использовании близких составов влияние даже небольших колебаний (ошибок определения) в компонентных составах фаз на значения мольных долей газовых фаз будет также велико, но будет уменьшаться по мере усиления различий в составах. Таким образом, для применения данного метода требуется использовать результаты сепараций, значительно отстоящих друг от друга на термобарической плоскости. Экспериментально установлено, что разница в давлении сепарации должна быть порядка 5–10 атмосфер.

Следует отметить, что данный метод применим не только к обводненному фонду, но и вообще к любым типам скважин. Наиболее актуальным представляется его использование на скважинах газоконденсатного типа.

Третья глава состоит из двух разделов и посвящена описанию разработанной информационной системы и основных результатов диссертации.

Первый раздел содержит описание структуры информационной системы.

Предложенная информационная система, в частности, позволяет производить сравнительный анализ моделей с использованием карт равных значений. На рисунках приведены примеры такого анализа.

Так, используя рис.1, можно сравнить результаты расчетов газосодержания, проведенные с использованием СТО 27.000-030-84, и результаты экспериментальных определений газосодержания по этому же месторождению. Рис.2 позволяет провести аналогичное сравнение для результатов моделирования с использованием СТО 27.000-030-84 и уравнения состояния Пенга-Робинсона.

Аналогично, на рис.3 приведены карты равных отклонений расчетных значений давления насыщения от значений, полученных в результате обработки экспериментальных данных.

Второй раздел посвящен обзору перспектив использования предложенной технологии. Подобные абстракции можно строить над любыми компьютерными объектами. Главное требование – чтобы данные на входе и результаты работы представлялись идентичными форматами. Применение этой технологии позволяет создавать гибкие информационные системы, компоненты которых, например расчетный блок или интерфейс пользователя, могут модифицироваться без изменения самой системы.

Этот подход позволяет организовать распределенные вычислительные процессы, при которых сложные расчеты можно производить непосредственно на сервере, а визуализацию и анализ данных – на машине клиента.

В заключении приводится обобщение проделанной в диссертации работы и выводы относительно перспектив использования основных результатов диссертации в других задачах.

Практическое применение разработанных в настоящей диссертации технологий и методов не ограничивается рамками вычислительного эксперимента по исследованию фазового равновесия в углеводородных системах. Так, на основе разработанных технологий в систему был подключен модуль для изучения вероятности солеотложения для пластовых вод. Разработанная информационная система является, по сути, виртуальной лабораторией. Элементы предложенной в диссертации технологии были успешно использованы для решения задач образовательного плана и в биллинговой системе ТюмГУ.

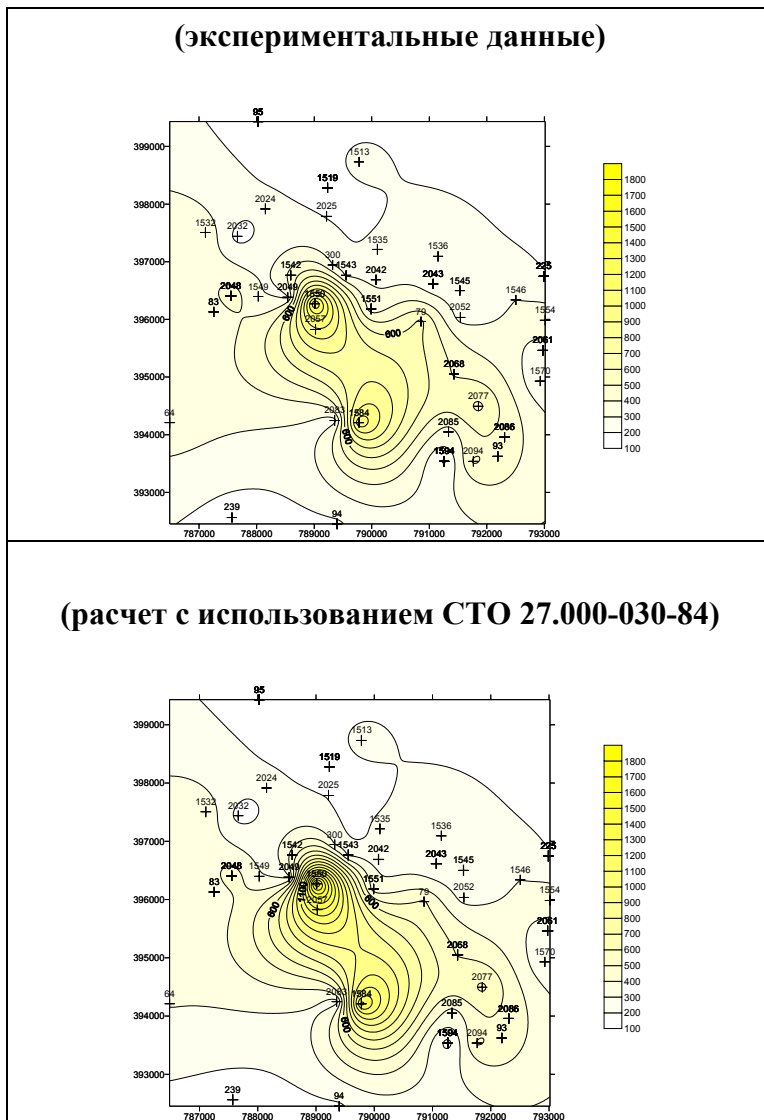
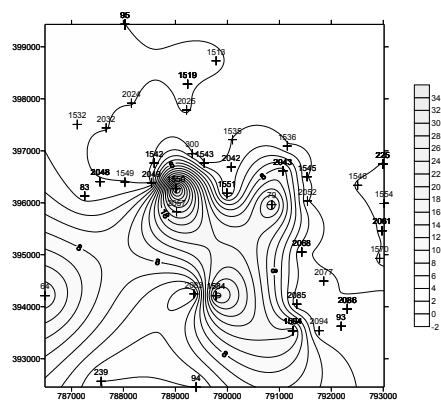


Рис 1. Карта равных значений газосодержания по данным на 2000 год. Варынгское месторождение, пласт БВ₁₃¹

(расчет с использованием СТО 27.000-030-84)

Средняя величина отклонения от прогноза по экспериментальным данным составляет 3.9%



(расчет с использованием уравнения состояния Пенга-Робинсона)

Средняя величина отклонения от прогноза по экспериментальным данным составляет 4.2%

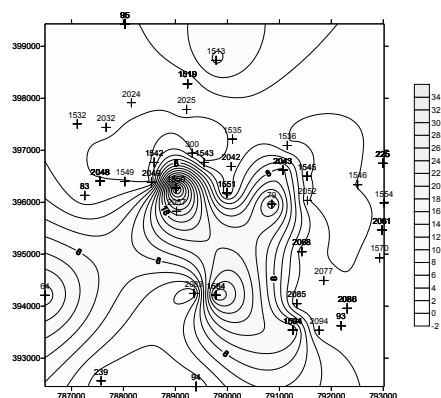
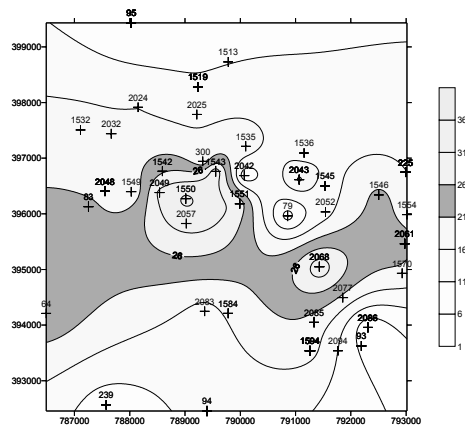


Рис 2. Карта равных значений расчетного давления насыщения по данным на 2000 год. Варынгское месторождение, пласт БВ₁₃¹

(расчет с использованием СТО 27.000-030-84)

Средняя величина отклонения от прогноза по экспериментальным данным составляет 16%



(расчет с использованием уравнения состояния Пенга-Робинсона)

Средняя величина отклонения от прогноза по экспериментальным данным составляет 10%

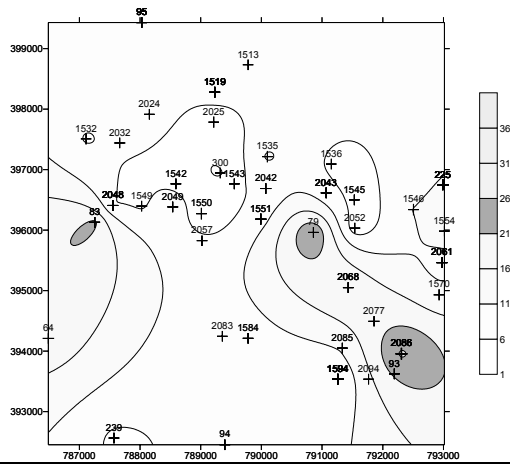


Рис 3. Карта равных значений отклонений расчетного давления насыщения от экспериментального по данным на 2000 год. Варынгское месторождение, пласт БВ₁₃¹

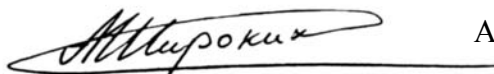
Основные результаты

1. Предложена технология создания информационных систем, на основе которой спроектирована и практически реализована информационная система как инструмент поддержки вычислительного эксперимента в задачах, связанных с исследованием фазового состояния газонефтяных систем.
2. Разработан новый метод определения компонентного состава пластовой нефти, позволяющий проводить изучение продукции фонда обводненных скважин.
3. Разработанная технология является универсальным инструментом моделирования и проектирования информационных систем не только для задач, связанных с исследованием фазового состояния газонефтяных систем. Универсальность технологии подтверждена расширением базовой информационной системы дополнительной подсистемой для исследования стабильности пластовых вод.

Основные публикации автора по теме диссертации

1. Захаров А.А., Семикин В.А., Шаров В.В., Широких А.В. Программный продукт, расширяющий возможности EXCEL при работе с картами и схемами. // Всероссийский форум «Геоинформационные технологии»: Сборник тезисов. М. 1995. С.14–15.
2. Воробьева М.С., Захаров А.А., Широких А.В., Шелудкова О.В. Разработка и исследование моделей и организационно-технологических схем учета недвижимости // Математическое и информационное моделирование: Сборник статей. Тюмень, ТюмГУ 2000. С. 151–157.
3. Захаров А.А., Широких А.В. Информационные технологии в задаче подсчета запасов углеводородного сырья. Информатизация процессов формирования открытых систем на основе СУБД, САПР, АСНИ и систем искусственного интеллекта. // Сборник научных докладов Международной научно-технической конференция. Вологда, 2001. С.190–192.
4. Захаров А.А., Широких А.В. Информационные системы: моделирование и программная реализация. Тюмень: Изд. Тюменского госуниверситета. Электронное издание. № государственного учета 0320200393. Тюмень, 2002. 208 с.
5. Захаров А.А., Широких А.В. Программный модуль для работы с RTF форматом. // «ООО Реагент», № гос.рег. 032000393. Тюмень, 2002.
6. Захаров А.А., Широких А.В., Ярышева И.А. СОМ объект для моделирования фазового равновесия в углеводородной среде. // "ООО Реагент", № государственного учета 0320200395. Тюмень, 2002.
7. Захаров А.А., Широких А.В. Информационные системы для задач численного моделирования. Тюмень: Изд. Тюменского госуниверситета, 2002. 176 с.
8. Захаров А.А., Нестерова О.В., Широких А.В. Информационная система для исследований газо-насыщенных нефтей. // Математическое и информационное моделирование: Сборник статей. Тюмень, 2002.
9. Захаров А.А., Широких А.В. Информационная система для изучения состава и свойств газовой и жидкой фаз в углеводородных системах. // Математические методы в технике и технологиях ММТТ-2002. Сборник научных трудов 15 международной научной конференции, Тамбов, 2002. С.163 –168.
10. Широких А.В., Ярышева И.А., Муравьев П.М. Использование баз данных для решения задач нефтедобывающих предприятий. // Материалы XII научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, Тюмень, СибНИИ НП. 2002. С.321 – 326.

Соискатель



А.В.Широких

**Издательство «Вектор Бук»
Лицензия ЛП №066721 от 06.07.1999г.**

**Формат 60x84/16. Бумага финская. Печать RISO.
Усл.печ.л. 1,16. Тираж 100. Заказ 20.**

**Отпечатано с готового набора
в типографии Издательства «Вектор Бук»
Лицензия ПД № 17-0003 от 06.07.2000г.**

**625004, г.Тюмень, ул. Володарского, 45.
тел.(3452)46-54-04, 46-90-03.**